

Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México

Óscar A. Aguirre Calderón*, Javier Jiménez Pérez*, Horst Kramer**, Alparslan Akça**

La caracterización de la estructura de ecosistemas forestales constituye una condición para tomar decisiones sobre el manejo de estos recursos, tanto en localidades de bajo aprovechamiento como en áreas naturales protegidas, donde pueden observarse procesos de sucesión natural que permiten el establecimiento de rodales tipo como norma de conducción de acciones de manejo. Tales áreas son especialmente importantes para la investigación de la estructura y el desarrollo de diferentes ecosistemas.¹

La estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales, objeto de este trabajo, se refiere al ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen. En este marco interesan particularmente la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional de los ecosistemas, caracterizadas mediante procedimientos cuantitativos que permitan su evaluación y monitoreo en diferentes etapas de desarrollo de los rodales. Los métodos para la caracterización pueden ser distintos en función de los objetivos,² pudiendo incluir índices de diversidad, mezcla de especies, perfil de especies, distribución espacial, diferenciación dimensional, coeficientes de homogeneidad, etc., que permiten reproducir con diferente precisión la condición de los rodales objeto de estudio.^{3, 4, 5}

En el presente trabajo se hace referencia a una fracción del área natural protegida, decretada en el Cerro del Potosí, en la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, en el noreste de México. En esta investigación se realizó, en una primera fase, la delimitación y cartografía de los tipos de rodales más importantes en el área de estudio, empleando como criterios las especies presentes y las mezclas de las mismas. Para estos ecosistemas se desarrollaron posteriormente análisis estructurales, a partir de la

evaluación de parámetros dendrométricos con énfasis en la estructura vertical del estrato arbóreo.

Metodología

La investigación se desarrolló en una fracción del Cerro del Potosí, en una superficie con altitudes entre 2800 m y 3600 m. Para la delimitación y cartografía de los rodales se emplearon fotografías aéreas en escala 1:75000, cuya interpretación se realizó en un restituidor KERN DSR 11/18. El DSR 11/18 es un equipo de valoración analítica que genera el modelo estereoscópico a interpretar mediante un procedimiento de cálculo, a través del cual pueden medirse las coordenadas *X*, *Y* y *Z* de pares estereoscópicos de fotografías aéreas y almacenarse en formato digital.⁶

La orientación interna y relativa de los pares de fotografías se realizó mediante procedimientos de cálculo, empleando programas de cómputo específicos. La orientación absoluta se desarrolló mediante la identificación de puntos de control, cuyas coordenadas se obtuvieron de la carta topográfica del área de investigación en escala 1:50,000 y se alimentaron al DSR 11/18 en el formato respectivo. Dada la pequeña escala de las fotografías aéreas de 1:75,000, se emplearon sólo dos pares de fotografías para cubrir la superficie de interés.

Posterior a la orientación de los pares de fotografías aéreas se delinearon los límites de los rodales. La representación de líneas y la unión de

*Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Instituto de Crecimiento y Manejo Forestal de la Universidad de Göttingen.

elementos lineales para la generación de superficies se realizó mediante funciones especiales del sistema de información ARC/INFO. El mapa de tipos de rodales se verificó y corrigió posteriormente en el terreno.

Para la descripción tridimensional de la superficie del área de investigación se generó un modelo digital de terreno, las coordenadas X , Y y Z del área se obtuvieron del DSR 11/18; los datos se procesaron con ARC/INFO. Del modelo digital de elevación se derivaron curvas de nivel cada 25 m, que permitieron determinar la altitud y exposición de los ecosistemas delimitados.

Para obtener la información de campo, en cada rodal se establecieron tres sitios circulares de muestreo de 500 m². Para la totalidad de los árboles de cada sitio se determinaron los parámetros: especie, diámetro normal (con excepción de *Pinus culminicola*, para el cual se obtuvo el diámetro a 10 cm del suelo), altura total, altura de inicio de copa y diámetro de copa, así como la posición de los árboles en el sitio.

A partir de los datos dendrométricos se obtuvo para cada especie: número de árboles por ha, área basal por ha, diámetro medio, altura media (con las medidas de dispersión correspondientes) y el índice de esbeltez (relación h/d).⁷

La importancia de las especies en los diferentes tipos de ecosistemas se estableció a partir de su abundancia y dominancia. Para la determinación de la abundancia se tomó el número de árboles por ha, empleándose el área basal como expresión de la dominancia.^{8, 9}

Para la caracterización de la estructura vertical de las especies se obtuvieron las distribuciones de número de árboles y área basal de las especies en tres estratos de altura; correspondieron al estrato I los árboles con alturas sobre 80% y hasta 100% de la altura máxima del rodal; al estrato II, aquéllos con alturas de 50% a 80%; y al estrato III los que mostraron valores de hasta 50 % de la altura de referencia.^{10, 11}

Resultados y discusión

En la figura 1 se presenta el mapa de los rodales delimitados, así como las especies que los constituyen. Del mapa pueden obtenerse los rangos altitudinales de los ecosistemas, así como la exposición de los mismos.



Fig. 1. Mapa de rodales en el área de estudio. 1. *Pinus culminicola* Andresen et Beaman; 2. *Pinus culminicola* y *Pinus hartwegii* Lindl.; 3. *Pinus hartwegii* y *Pinus culminicola*; 4. *Pinus hartwegii*; 5. *Abies vejari* Mart., *Pinus ayacahuite* Ehrenb. y *Pinus hartwegii*; 6. *Populus tremuloides* Michx.; 7. *Pinus hartwegii*; 8. *Abies vejari*, *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco, *Pinus ayacahuite* y *Pinus hartwegii*.

La totalidad de los rodales delimitados en el área de estudio son incoetáneos e irregulares. En la tabla 1 se presentan los datos más importantes de los mismos, incluyendo los valores promedio de los sitios de muestreo.

El rodal 1 es un ecosistema puro de *Pinus culminicola* y se ubica en la cima del cerro, colindando con la pradera alpina. Su altitud varía entre 3450 y 3600 msnm y tiene una exposición este. Este pino endémico ocurre solamente en algunas áreas de la Sierra Madre Oriental, particularmente en el Cerro del Potosí.¹² La superficie que ocupa es de solamente 64 ha. Su baja densidad con 780 a 100 individuos por ha (tabla 1) se explica por las condiciones climáticas extremas.¹³ La altura (h) de los árboles es de 1.7 m con una variación entre 0.9 y 2.9 m. Los datos obtenidos para diámetro normal ($d_{1.3}$), área basal (G/ha) y h/d no pueden compararse con los de las especies restantes, ya que el diámetro de los fustes se determinó a una altura de 10 cm sobre el suelo. Es notable, sin embargo, el diámetro relativamente grande de la especie; a una altura de sólo 1.7 m el diámetro es de 11.5 cm y

Tabla I. Parámetros dendrométricos de los rodales.

Rodal	N/ha	G/ha (m ²)	d _{1.3} (cm)	h (m)	h/d
1. <i>Pinus culminicola</i>	900	9,9	11,5	1,7	15
2. <i>Pinus culminicola</i>	880	5,8	8,8	1,3	15
<i>Pinus hartwegii</i>	233	6,0	16,0	8,7	64
Total	1113	11,8	10,3	2,9	28
3. <i>Pinus hartwegii</i>	340	21,0	25,4	11,7	43
<i>Pinus culminicola</i>	180	1,1	8,2	1,2	14
Total	520	22,1	19,5	8,1	42
4. <i>Pinus hartwegii</i>	573	41,3	28,9	16,3	56
5. <i>Abies vejari</i>	420	24,0	24,6	13,4	60
<i>Pinus ayacahuite</i>	93	8,8	31,7	14,4	48
<i>Pinus hartwegii</i>	60	7,0	35,4	16,9	45
Total	573	39,8	26,9	13,9	52
6. <i>Populus tremuloides</i>	866	4,6	8,0	8,5	106
7. <i>Pinus hartwegii</i>	487	29,4	26,1	14,5	56
8. <i>Abies vejari</i>	360	13,7	19,9	11,0	55
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	240	14,0	24,3	13,4	55
<i>Pinus ayacahuite</i>	206	13,3	25,9	12,5	48
<i>Pinus hartwegii</i>	67	6,1	32,6	14,9	46
Total	873	47,1	23,5	12,3	52

N/ha = Abundancia, G/ha = Dominancia,

$\bar{d}_{1.3}$ = Diámetro normal, \bar{h} = Altura, h/d = Índice de esbeltez.

varía entre 5.3 y 17.3 cm. El diámetro de copa para *Pinus culminicola* es notablemente grande, pudiendo alcanzar hasta 10 m. Dado el hábito de crecimiento de la especie, el índice de esbeltez es particularmente bajo, lo que denota su adaptación a los fuertes vientos de la cima del cerro.

El rodal 2 es un ecosistema mixto de *Pinus culminicola* y *Pinus hartwegii*. Cubre un área con exposición este a altitudes entre 3250 m y 3450 m. En los tres sitios de muestreo se obtuvieron densidades entre 200 a 280 árboles de *Pinus hartwegii*, –en promedio 233– así como 740 a 1040 –en promedio 880– *Pinus culminicola* en el estrato inferior. Las alturas medias de *Pinus hartwegii* se ubican entre 7.0 m y 10.3 m, en promedio 8.7 m. Las alturas individuales varían entre 3.5 m y 15.8 m. Las alturas medias de *Pinus culminicola* alcanzan 1.2 m a 1.4 m, variando entre 0.9 m y 2.8 m entre individuos. Es notable la diferencia del índice de esbeltez en ambas especies.

El rodal 3 es un ecosistema mixto de *Pinus hartwegii* y *Pinus culminicola*. Se localiza en una exposición este, entre 3075 msnm y 3250 msnm. En los tres sitios de muestreo ocurren en diferentes estratos, de 300 a 380 individuos de *Pinus hartwegii* por ha, con alturas medias entre 11.1 m y 12.2 m. Las alturas de los árboles varían entre 3.0 m y 18.0 m. En el estrato inferior se tienen de 60 a 280 *Pinus culminicola* por ha, con alturas medias entre 0.9 m y 1.4 m, las alturas individuales entre 0.7 m y 2.1 m. La superioridad de las alturas de *Pinus hartwegii* del rodal 3 con respecto al rodal 2 indica mejores condiciones de sitio. Por el contrario, es característico del crecimiento de *Pinus culminicola* en los rodales 1 a 3, que las alturas medias disminuyan de 1.7 m a 1.3 m y a 1.2 m, respectivamente, a pesar de que las condiciones de clima y suelo son mejores conforme disminuye la altitud. Lo anterior se debe a la creciente competencia del estrato superior de *Pinus hartwegii*, lo que confirma los resultados obtenidos en trabajos anteriores.¹³ El índice de esbeltez de *Pinus hartwegii* en esta localidad es menor que en el rodal 2, lo que denota también un mayor desarrollo diamétrico, resultado de la mayor productividad del sitio.

El rodal 4 es un ecosistema puro de *Pinus hartwegii*. Se ubica junto al rodal 3 en una exposición este, con altitud entre 2800 y 3075 msnm. Presenta densidades similares en los tres sitios (N/ha 560-600), aunque el área basal varía entre 35.9 m² y 48.2 m² por ha. Lo anterior se explica por los diferentes diámetros medios de los sitios de muestreo, que varían entre 25.8 cm y 32.4 cm. Los diámetros de los árboles individuales presentan valores entre 7.8 cm y 48.0 cm. Para una altura media de los tres sitios de 16.3 m, las alturas promedio de los sitios varían entre 15.2 m y 18.5 m. En este rodal multicohortal las alturas de los árboles varían entre 5.7 m y 21.9 m. De las diferencias de los diámetros medios y alturas promedio de los tres sitios de muestreo podrían suponerse diferencias de sitio, éste, sin embargo, no es el caso, ya que los valores máximos de diámetro y altura de las tres fracciones del rodal se igualan. Sólo los valores mínimos son muy distintos para un estrato inferior parcialmente inexistente. El valor promedio h/d es de 56 y con ello claramente menor al promedio de las plantaciones coetáneas del género *Pinus*.¹⁴ Lo anterior se explica por la altitud de los rodales en el área de estudio, sujetos a un mayor riesgo de derribo por viento.

El rodal 5, mixto de *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus hartwegii* se ubica en una exposición norte, vecino al rodal 1, entre 3300 m y 3600 m de altitud. La especie dominante es *Abies vejari*, que ocupa el 73% del número de árboles, aunque sólo el 60% del área basal. Esto se explica por el diámetro claramente mayor de los pinos, lo que ocasiona también el valor h/d notablemente bajo en ambas especies. La superioridad de *Pinus hartwegii* en diámetro y altura no es causada por una gran vitalidad de esta especie, sino por la ausencia de un estrato inferior. Mientras que los valores máximos de las especies en diámetro y altura son similares, los valores mínimos para *Pinus hartwegii* son claramente mayores a los de las otras dos especies.

El rodal 6, un ecosistema joven, producto de regeneración natural de *Populus tremuloides*, ocurre en un terreno con exposición noroeste, norte y noreste, con una altitud entre 3225 m y 3400 m. El rodal denso y homogéneo se caracteriza por una variación escasa en diámetro y altura, así como un alto índice de esbeltez (h/d), característico de ecosistemas compuestos predominantemente por árboles jóvenes.

El rodal 7 se localiza en una exposición norte entre 2800m y 3275m de altitud. Este segundo rodal puro de *Pinus hartwegii* es en todos los valores dasométricos inferior al rodal 4. Esto se debe a las condiciones de sitio menos favorables (suelos menos profundos y temperatura inferior debido a la altitud); sólo los valores promedio de índice de esbeltez son iguales en ambos rodales.

El rodal 8 se ubica en una exposición norte con altitudes entre 2925 m y 3325 m. Este ecosistema multicohortal de las coníferas *Abies vejari*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus hartwegii* se distingue por un gran número de árboles por unidad de superficie. A pesar de que las alturas media y máxima son menores a las del rodal 5, el área basal (47,1 m²) es muy superior a la de éste. Como ejemplo de este rodal poco perturbado, se realiza en los siguientes párrafos una discusión más detallada de los resultados obtenidos en este bosque natural multicohortal.

De la tabla 1 puede obtenerse la abundancia y dominancia promedio de las especies en los tres sitios de muestreo. La abundancia, expresada por el número de árboles por ha, es más grande para *Abies vejari*, con 41% del total de los árboles, seguida de *Pseudotsuga menziesii* con 27% y *Pinus*

ayacahuite con 24%. La menor frecuencia se observa para *Pinus hartwegii* con solamente 8%. La dominancia, expresada aquí por la proporción de área basal, es aproximadamente igual para *Pseudotsuga menziesii* (30%), *Abies vejari* (29%) y *Pinus ayacahuite* (28%); sólo para *Pinus hartwegii* (13%) la dominancia es notablemente menor, aunque claramente mayor a lo que podría esperarse por la abundancia de la especie. Las cuatro especies se diferencian, en parte, en diámetro y altura promedio de manera clara. Así, *Pinus hartwegii* supera claramente a las otras tres especies en diámetro y altura. De los valores mínimos y máximos respectivos podría derivarse que la distribución de las especies es diferente en los diferentes estratos de altura.

La estructura heterogénea de este rodal mixto se presenta como ejemplo de la distribución de las especies en la figura 2.

Para el bosque natural irregular el análisis de la

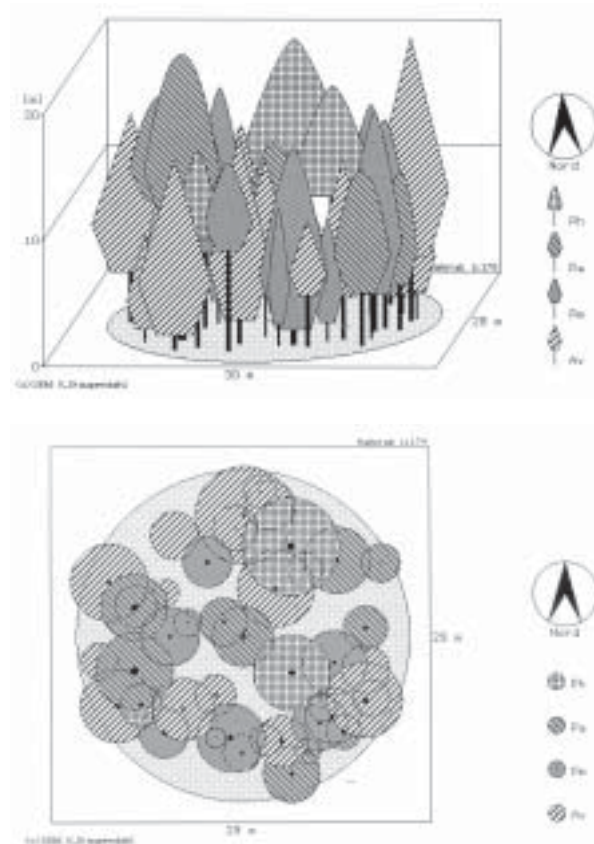


Fig. 2. Distribución vertical y horizontal de las especies en el rodal 8

estructura vertical es especialmente informativo.¹⁵ En la tabla 2 se muestra para todos los rodales la distribución de las especies de acuerdo al número de árboles (abundancia) y área basal (dominancia) en tres estratos de altura. En ella se expresan los valores absolutos por ha, correspondiendo al valor promedio de los tres sitios de muestreo, además, se presentan entre paréntesis los valores relativos de número de árboles y área basal. En esta tabla el estrato I contiene los árboles con 81% hasta 100% de la máxima altura del rodal, el estrato II contiene aquéllos con 51% a 80% y el III los de 0% a 50%.

Con excepción del rodal 6, se observa en la tabla 2 que los árboles están representados en los rodales puros y mixtos en la totalidad de los estratos de altura. Sólo en el rodal joven (6), predominantemente homogéneo de *Populus tremuloides*, los árboles ocurren solamente en los estratos I y II.

En los rodales mixtos 2 y 3 *Pinus culminicola* crece

sólo en el estrato III, mientras que la especie de mayor crecimiento, *Pinus hartwegii*, se presenta en los tres estratos definidos. También en los dos rodales puros (4 y 7), *Pinus hartwegii* ocurre en todos los estratos, aunque con predominancia en los denominados I y II, en virtud del temperamento de la especie.

En los rodales mixtos de *Abies* 5 y 8 es notable la variación de la distribución vertical de los árboles en los tres sitios de un mismo rodal. La especie intolerante *Pinus hartwegii* está muy escasamente representada o ausente en el estrato III.

En el rodal 5 *Pinus hartwegii* presenta la mayor abundancia y dominancia relativas en el estrato I, mientras que *Pinus ayacahuite* es la que ocurre con mayores valores en el estrato intermedio II. En el estrato III *Pinus hartwegii* no está representada y es *Abies vejari* la especie que muestra los mayores valores de abundancia y dominancia.

En el rodal 8, del número total de árboles en el

Tabla II. Distribución vertical de las especies de acuerdo al número de árboles y área basal.

Rodal	Estrato						Total	
	I		II		III		N/ha (100%)	m ² /ha (100%)
	N/ha (%)	m ² /ha (%)	N/ha (%)	m ² /ha (%)	N/ha (%)	m ² /ha (%)		
1. <i>Pinus culminicola</i>	113 (13)	2,3 (23)	527 (58)	6,3 (64)	260 (29)	1,3 (13)	900	9,9
2. <i>Pinus culminicola</i>	—	—	—	—	880 (100)	5,7 (100)	880	5,7
<i>Pinus hartwegii</i>	59 (26)	4,1 (67)	87 (37)	1,4 (23)	87 (37)	0,6 (10)	233	6,1
TOTAL	59 (5)	4,1 (35)	87 (8)	1,4 (12)	967 (87)	6,3 (53)	1113	11,8
3. <i>Pinus hartwegii</i>	173 (51)	15,7 (74)	67 (20)	3,3 (16)	100 (29)	2,1 (10)	340	21,1
<i>Pinus culminicola</i>	—	—	—	—	180 (100)	1,0 (100)	180	1,0
TOTAL	173 (33)	15,7 (71)	67 (13)	3,3 (15)	280 (54)	3,1 (14)	520	22,1
4. <i>Pinus hartwegii</i>	260 (45)	24,7 (60)	280 (49)	16,0 (39)	33 (6)	0,6 (1)	573	41,3
5. <i>Abies vejari</i>	127 (30)	10,2 (43)	173 (41)	11,1 (46)	120 (29)	2,7 (11)	420	24,0
<i>Pinus ayacahuite</i>	27 (29)	3,5 (39)	53 (57)	5,2 (59)	13 (14)	0,2 (2)	93	8,9
<i>Pinus hartwegii</i>	27 (45)	4,3 (62)	33 (55)	2,6 (38)	—	—	60	6,9
TOTAL	181 (32)	18,0 (45)	259 (45)	18,9 (48)	133 (23)	2,9 (7)	573	39,8
6. <i>Populus tremuloides</i>	567 (65)	2,9 (63)	300 (35)	1,7 (37)	—	—	867	4,6
7. <i>Pinus hartwegii</i>	201 (41)	18,3 (62)	233 (48)	10,3 (35)	53 (11)	0,8 (3)	487	29,4
8. <i>Abies vejari</i>	33 (9)	2,3 (17)	167 (47)	8,8 (64)	160 (44)	2,7 (19)	360	13,8
<i>Pseudotsuga menziessi</i>	47 (20)	5,9 (42)	113 (47)	7,2 (51)	80 (33)	0,9 (7)	240	14,0
<i>Pinus ayacahuite</i>	27 (13)	2,7 (20)	120 (58)	5,9 (45)	60 (29)	4,6 (35)	207	13,2
<i>Pinus hartwegii</i>	20 (30)	2,7 (44)	40 (60)	3,3 (54)	7 (10)	0,1 (2)	66	6,1
TOTAL	127 (15)	13,6 (29)	440 (50)	25,2 (53)	307 (35)	8,3 (18)	873	47,1

N/ha = Abundancia; m²/ha = Dominancia.

estrato III están representadas las especies *Abies vejari* (44%), *Pseudotsuga menziesii* (33%), y *Pinus ayacahuite* (29%); por el contrario, en este estrato se encuentra sólo el 3% para *Pinus hartwegii*. Tanto en el rodal 5 como en el 8 pueden derivarse diferencias de tolerancia a la sombra de estas especies.

Conclusiones

La elaboración del modelo digital de terreno, así como la delimitación y cartografía de los distintos rodales con diferentes tipos de sitio y vegetación, representa una importante caracterización de esta área. El establecimiento de tres sitios de muestreo y la medición precisa de la totalidad de los árboles, posibilitan un análisis de la estructura vertical y horizontal de todas las áreas. La distribución vertical de las especies en los tres estratos de altura permite derivar claramente que las especies mezcladas se distribuyen de manera distinta en el perfil vertical del bosque en función de su tolerancia.

Reconocimiento

La presente investigación se realizó con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Clave 28185-B, y del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica.

Resumen

Para una fracción del Cerro del Potosí en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León, México, se elaboró un modelo digital de terreno a partir de fotografías aéreas, como base para la delimitación y cartografía de ocho rodales con diferente sitio y vegetación. En cada rodal se establecieron tres sitios de muestreo de 500 m², obteniéndose parámetros dendrométricos y de posición de los árboles. Para la totalidad de los sitios se determinaron abundancia (N/ha) y dominancia (m²/ha); se desarrolló asimismo un análisis de la estructura vertical de estos ecosistemas. El análisis de la estructura vertical de los rodales se desarrolló mediante la conformación de tres estratos de altura. La ubicación de las distintas especies en los diferentes estratos se explica fundamentalmente por sus características de tolerancia.

Palabras clave: Mapeo de rodales, Análisis estruc-

tural, Ecosistemas mixtos multicohortales, México.

Abstract

In our investigation a digital terrain model map of stand types of the wooded area of nearly 500 hectares at Cerro Potosí, Sierra Madre Oriental, Nuevo León, Mexico was developed by aerial photographs. In this almost untouched natural forest 8 stands with different sites and stand types could be identified and mapped. In each stand 3 sample plots of 500 m² were established and marked. In these plots, all trees were surveyed, numbered and measured. For each stand abundance (N/ha) and dominance (m²/ha) of the tree species were determined. For these mixed, uneven-aged stands a vertical stand structure analysis was developed. Shade tolerance explains the tree species' vertical distribution.

Keywords: Mapping of stand types, Stand structure analysis, Mixed uneven-aged coniferous stands, Mexico.

Referencias

1. Gadow, K. v. 1999: Waldstruktur und Diversität. Allg. Forst- u. J. Ztg., 170, 117-122
2. Aguirre, O. 2002: Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. Revista Ciencia Forestal en México. En prensa.
3. Jiménez, J., Aguirre, O., Kramer, H. 1998. Bestandesstrukturanalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen-Mischwald Nordostmexikos. Forstarchiv 69, 227-234.
4. Kramer, H.; Jiménez, J.; Aguirre, O. 1999. Zur Durchmesser- und Altersdifferenzierung in ungleichaltrigen Nadel-Laubholz-Mischwald. Forstarchiv 70, 138-142.
5. Aguirre, O.; Kramer, H.; Jiménez, J. 1998. Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. Allg. Forst- u. Jagdztg. 169, 213-219.
6. Akça, A.; Beisch, Th.; Pahl, A. 1997. Auswertung einer Luftbildzeitreihe im Eggebirge und Einarbeitung der Waldschadenskartierung in ein geographisches Informationssystem. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der

- Universität Göttingen.
7. Assmann; E. 1961. Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München.
 8. Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, New York.
 9. Lamprecht, H. 1986. Waldbau in den Tropen. Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
 10. Pretzsch, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1996. Neheresheim, 134-154.
 11. Müller, S.; Ammer, C.; Nüsslein, S. 2000: Analyses of stand structure as a tool for silvicultural decisions-a case study in a *Quercus petraea*-*Sorbus torminalis* stand. Forstw. Cbl. 119, 32-42.
 12. Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Limusa, México, D. F.
 13. Jiménez, J.; Kramer, H.; Aguirre, O. 1996. *Pinus culminicola*. Zur Entdeckung und Erhaltung einer mexikanischen Zwergkiefer. Forst u. Holz 51, 664-665.
 14. Wenk, G.; Antanaitis, V.; Šmelko, Š. 1990: Waldertragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin.
 15. Pommerening, A.; Biber, P.; Stoyan, D; Pretzsch, H. 2000: Neue Methoden zur Analyse und Charakterisierung von Bestandesstrukturen. Forstw. Cbl. 119, 62-78.